

C. 産婦人科検査法

Obstetrical and Gynecological Examination

14. 胎児発育・児体重推定

Fetal Development and Estimated Fetal Weight

妊娠中後期の胎児発育評価における超音波胎児計測法と推定児体重(Estimated fetal weight)の算出法および臨床評価法について述べる。

1) 発育評価の臨床意義

胎児の発育の指標として、出生時の大きさ、すなわち体重あるいは体重と身長が用いられてきた。この目的で作られたのが出生時基準曲線である¹⁾。これらの基準値を用いて出生児の当該週数での新生児の体重が10～90パーセンタイルのものを appropriate for date(AFD)、出生体重が10パーセンタイル未満の症例を light for date(LFD)、90パーセンタイル以上ものを heavy for date(HFD)とする分類が行われてきた。出生体重の基準に身長を考慮したときには体格という観点から small または large の言葉を使用し、small for date(SFD)/small for gestational age(SGA)という表現を用いる。胎児の大きさが正常であることは、子宮内の胎児環境が良好かつ、機能発育過程も正常であったことを示唆する所見と考えられる。LFD は子宮内での発育の遅延(retardation)あるいは制限(restriction)があったことを示す所見として重要である。このような胎児の子宮内で発育障害の病態、すなわち Intrauterine Growth Restriction(IUGR)はその周産期臨床のみならず基礎研究においても重要な課題となっている。

2) 胎児超音波計測法と胎児体重の推定

妊娠中期以降の胎児計測は、妊娠週日が正しいことを前提として行われる。本稿では日本超音波医学会推奨方式²⁾³⁾を基本に、胎児計測の基本計測手法、EFW の計算法および評価法について概説する。

胎児計測法

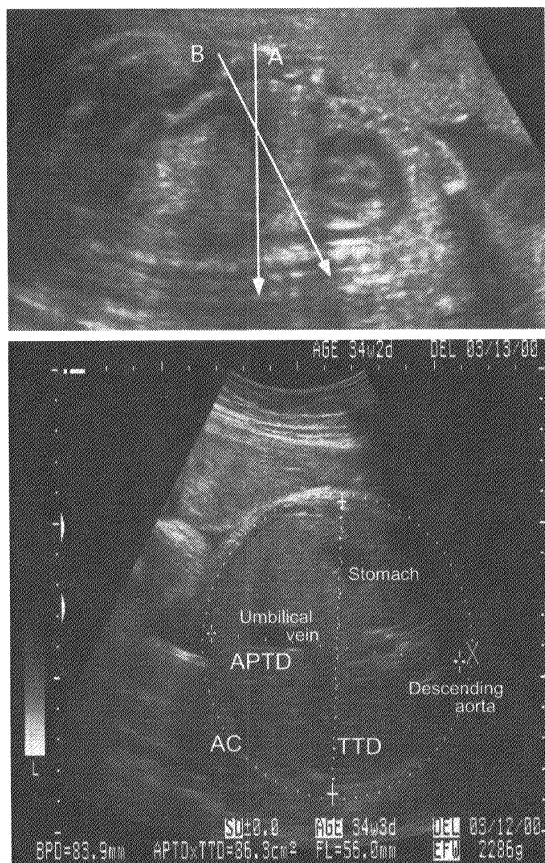
a: 頭部

児頭大横径(BPD: Biparietal diameter): 胎児頭部の正中線エコー(midline-echo)が中央に描出され、透明中隔腔(septum pellucidum)および、四丘体槽(cisterna corpora quadrigemina)が描出される断面で計測する。計測法: 超音波プローブに近い、頭蓋骨外側(O)から対側の頭蓋骨内側(I)までの距離を計測する。外側-外側を計る(O-O)法という計測法も提唱された。本邦では青木らの発表した BPD の計測法がそれに当たる。O-I 法は超音波診断の歴史の中で、まず応用された A-モード法による BPD 計測法に由来し、諸外国も含め BPD 計測は O-I 法が一般的である。

児頭前後径(FOD: front-occipital diameter): BPD の計測断面で児頭の前後径(骨中央から骨中央の長さ)を FOD として計測する。骨盤位の胎児の場合、頭位の胎児に比べ長頭を示す場合があるときや、小頭症の疑いがあるときに参考の指標として用いられることがある。BPD と FOD より児頭周囲長(HC: head circumference)を求めることもある。

b: 腹部

躯幹部分の計測が軟部組織の発育の指標として用いられる。



(図 C-14-1) 胎児腹部計測を行う断面

胎児の腹部大動脈に直交する断面 A で腹部の計測を行う。この断面では、胎児の腹壁から脊椎までの距離の前方 1/3 から 1/4 の部位に肝内臍静脈が描出される。臍静脈が長く描出される断面 B では躯幹の長軸に垂直ではなく計測値が大きくなる。まず大動脈の長軸が描出される断面を描出し、これに直交する断面を設定するとよい。躯幹計測が、EFW の精度をあげるポイントである。

腹部前後径×腹部横径(APTD (antero-posterior trunk diameter) × TTD (transverse trunk diameter))またはエリプス(近似楕円)計測法による腹部周囲長(AC (abdominal circumference))を計測する。

胎児の腹部大動脈に直交する断面で、胎児の腹壁から脊椎までの距離の前方 1/3 から 1/4 の部位に肝内臍静脈が描出され、同時に胃胞が描出される断面を設定する。腹壁から脊椎棘突起先端までを APTD、これに直交する横径を TTD、腹部の外周の周囲長を AC として計測する。AC は直交する 2 直線(通常は前後径と横径)により作成される楕円で腹部周囲長を近似計測するエリプス法による計測とする(図 C-14-1)。日本超音波医学会では腹部の計測法として簡便なエリプス法による AC 計測を基準手法として推奨している。APTD×TTD とエリプス法による AC を用いることに測定精度上の差異がないことは統計学的に示されている。胎児体重の推定法との関連もあり、どちらか慣れた手法で腹部計測を行えばよい。欧米で行われている腹部躯幹の計測法では臍静脈が長く描出される断面を設定している。肝内臍静脈の走行は躯幹の長軸に垂直ではなく、このような躯幹計測の断面とは我々の設定している計測断面とは異なる。EFW の誤差要因に最も関与するのがこの腹部計測値であり、正確な基準断面での計測が重要である。

c: 長管骨

大腿骨長 FL (Femur length) が一般的に骨発育の指標として用いられる。大腿骨の長軸が最も長く、両端の骨端部まで描出される断面で化骨部分の両端のエコーの中央から中央を計測する。骨は超音波の反射が強く、後面の音響陰影を伴いやすい。正確に計測するためには、超音波ビームに対しなるべく骨長軸が直交する断面を設定する必要がある。

上腕骨長 HL (Humerus length) ; FL が短いなど計測値に異常がありそうな場合には HL も計測するとよい。FL と同様に化骨部の長軸を計る。四肢短縮症など骨系統疾患では FL 同様、計測意義は高い。

脊椎長 SL (spine length) ; Th6-L3 間の 10 本の脊椎骨の長さを計測する。具体的には promontorium (L5) を同定し L3 中央から脊椎骨 10 本分の長さを測る。胎児身長 of 指標として考案され、EFW 式の基本モデルのパラメータであった。SL は計測がやや煩雑であることから、FL を用いる EFW 式が広まった。

推定児体重式

胎児体重の推定を行う臨床的な意義は主に通常とは発育のプロポーシヨンの異なる IUGR 児や、病的な胎児など、周産期医療のケアが必要になると考えられる胎児をいかに、速く正確に発見・評価できるかということにある。本邦で汎用される EFW 式はこの目的で開発されたもので胎児を頭部と軀幹に分けた胎児のモデルに基づいた理論式である (Shinozuka et al., 1987⁴⁾; 2000²³⁾). 本式は他の式と異なり以下の特徴を持っている。1) 出生直後の新生児の比重・体積の実測値を用いて胎児の体重を頭部の重さ+軀幹の重さで表した理論式である。2) 実測の超音波計測値を多数集積することにより作成された、いわゆる回帰式ではない。3) IUGR などプロポーシヨンの異なる胎児での推定精度の向上、週数、体重に偏らない一定の誤差範囲での体重推定を目的としたものである。

EFW は以下の式で計算される。

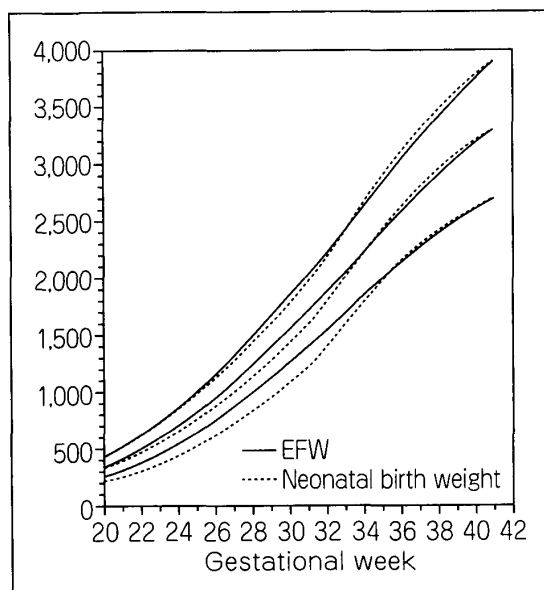
$$EFW = 1.07 \times BPD^3 + 3.42 \times APTD \times TTD \times FL$$

$$EFW = 1.07 \times BPD^3 + 0.30 \times AC^2 \times FL$$

APTD×TTD のパラメータを用いたものがオリジナルの式⁴⁾であるが、エリプス法による AC 計測値を用いた式が日本超音波医学会の推奨式である。種々の超音波計測値を用いた推定式が報告されているが超音波の原理的な誤差、計測誤差を考えれば、10%程度の誤差は避け得ないと考えられる。本式は一つの式で胎児のプロポーシヨンや妊娠週数、体重域に偏りない体重推定を目的としているため、体重が大きいほど誤差が大きいような誤解がある。偏りのない一定の推定誤差とは、たとえば10%とすれば1,000g の体重では±100g, 3,000g では±300g の推定精度を持つということの意味する。推定誤差の意味をよく理解したうえで EFW を評価すべきである。APTD×TTD または AC のどちらか慣れた腹部計測法の計算式を用いて EFW を算出すればよい。超音波専門医による分娩1日以内の計測値を用いた前方視的検討でもオリジナルの式と AC を用いた式の体重推定精度は同等であり、これらの式が日本人胎児に対して他の推定式の比較で最も精度が高いことが示されている²³⁾。三次元超音波や画像認識による自動計測など EFW 推定精度の向上に関する研究報告もあるが、現時点では超音波という方法論に伴う原理的誤差、計測に伴う人的あるいは機械的誤差要因によるばらつきのほうが大きく、いまだ日常臨床的手法にはなっていない。

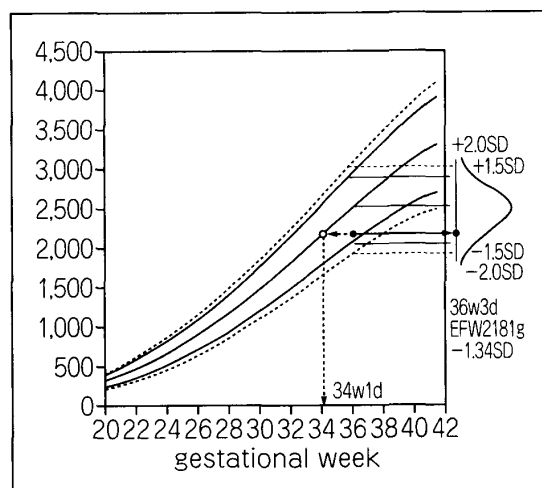
3) 発育診断の基準値；発育曲線

各超音波計測値の基準値、推定児体重評価の基準値はデータの分布の正規性が確認されているため+1.64SD(標準偏差)が95パーセンタイル、+1.28SD が90パーセンタイル、-1.28SD が10パーセンタイル、-1.64SD が5パーセンタイルに相当することになる。BPD は BPD の基準値で評価をするように、EFW の評価を行うときには出生児基準値でなく EFW の基準値で行うべきである。新生児の出生体重を評価する目的で出生時基準体重曲線¹⁾が用いられているが、EFW の評価にこの基準値を用いることには問題がある。なぜなら、この種の出生時基準体重曲線は早産児を多く含む出生児の体重の値を集積して作られたもの、37週以前の基準値はあくまでも“早産に至った児”の基準値¹⁾で、基本的に理想的な子宮内環境の正常発育を必ずしも表してはいないと考えられるからである。実際に出生時基準体重曲線と EFW の基準曲線の曲線を比較すると、20週から34週のあたりで、出生時基準体重曲線(neonatal birth weight)が下方にふくらんでいる²⁾(図 C-14-2)。EFW の評価に際し、出生時基準体重曲線を用いて評価を行うと早い時期から発症する IUGR を見逃す可能性がある。EFW の評価には EFW の基準値・曲線を使用すべきである。このようなことから、34週以前の出生児では EFW より IUGR, LFD と診断されたが新生児の基準では AFD であったというような事態が生じることがある。これは



(図 C-14-2) 出生時基準体重曲線と EFW の基準曲線の相違

早産児の出生体重を用いてつくられた出生時基準曲線(neonatal birth weight)は基本的に出生した新生児を評価するもので、理想的な子宮内環境での胎児体重の推移を表しているとはいえない。20週から34週のあたりで下方に広く偏位している。32週以前では平均値で約5～9%、5パーセンタイル値は15～17% EFWの基準値は重い。すなわち実際に早産に至った児は、理想的な子宮内環境にいた場合より発育が悪い可能性があるということを示唆する。



(図 C-14-3) EFW の評価法

妊娠週日に対する計測値の偏差(deviation)で評価する。

何週相当の発育・体重であるという記述はすべきはない。

結果的に早産児の中では基準範囲内の体重であったが、理想的子宮内環境にある胎児の体重の基準からすれば小さいということ意味するもので、EFWによるIUGR、LFDの診断として誤っているわけではない。

4) 発育の評価法

発育の評価は時系列データとして扱い、チャート上にデータをプロットして行うのが望ましい。超音波機器にはこのようなプログラムが搭載されているが、個体差や計

測技量に起因する誤差があることを念頭において発育の時系列として計測値、EFWを評価すべきである。胎児発育評価はすでに決定された妊娠週数という時間軸における計測値を評価するものであり、基準値(曲線)は計測値 y に対する妊娠週数の関数 $f(x)$ として算出されていることを理解すべきである。当該妊娠週数における分布、すなわち〇週〇日で、推定××グラム、であるから Δ SDというように評価するのが正しい方法である。超音波機器には計測値が何週相当であるか表示をするものがあるが、本来の使い方ではなく当該計測値が何週何日の平均値であるというだけの参考値である。たとえば36週3日の計測でEFWが2,181gと算出されたとき、超音波機器に搭載されたプログラムはfetal age: 34w1dという値を出してくる。この値に頼ると胎児の発育が2週も小さい、あるいは34週の発育しかないとか、未熟であるという誤った印象を与えてしまうことになる。これは発育の評価(y 軸の評価)と発達・成熟のスケールとしての x 軸の評価を混同した表現である。この場合、当該週数の偏差は $-1.34SD$ であり、平均よりは小さめではあるが基準(正常)範囲内の発育なのである(図 C-14-3)。諸外国のように超音波検査を頻回に行わないところや、妊娠週数が定かではない時には、このような何週相当であるかという値は有用ではあろうが、個別の胎児発育の評価法の指標として根本的に意味がない。おそらく臨床

現場でよく行われているであろうこのような△週相当という誤った表現は厳に慎むべきである。

5) 発育異常の診断

a: IUGR

これまで IUGR に関する臨床、基礎研究の多くは後方視的な視点から行われてきた。すなわち、結果的に LFD であった児を IUGR として検討したものが多い。しかしながら、EFW の基準値で示したように、必ずしも IUGR=LFD とは限らないことに留意すべきである。したがって実際の臨床場面で遭遇する前方視的な観点での IUGR の診断・管理は必ずしも容易であるとはいえない部分がある。早期発症の IUGR は hypoplastic type と呼ばれる均整のとれた symmetrical な体型を示し、胎児の先天性要因や感染症、薬物に起因するものが多いとされる。妊娠中期以降はいわゆる母体合併症や、子宮内環境因子に起因するやせ型の malnourish type を示す asymmetrical な体型のものが多いとされる。このような発育のプロポーションの差、すなわち頭部と躯幹などの発育程度の差を評価して、IUGR を診断・評価しようとする考え方がある。このような目的で、AC と BPD や FL の比をとる手法も提案されているが、それぞれの計測値の発育パターンがリニアでなく、妊娠週数という因子が関与すること、腹部・躯幹の計測は技術上の誤差を伴いやすいことなどから、このような比をもって IUGR の発育パターンが symmetrical か asymmetrical なのかを早期に鑑別し、議論することは現実的には難しいと思われる。IUGR が疑われる場合にはまず妊娠週数の妥当性を確認したうえで、妊娠週日に対する計測値・体重の位置(分布・偏差値)を評価する。IUGR とは、元来その胎児が持っている発育のポテンシャルが母体合併症などの外的要因あるいは胎児側による内的要因等により抑制(restrict)された状況にある疾患群と理解して、ある単一時点での計測値や推定体重のみでなく、妊娠週数という時間軸上を推移する発育経過のベクトルをみて診断されるべきものであると考えられる。この意味では超音波診断による IUGR の診断に関しては、成書の記述にも曖昧な部分がある。

超音波計測値、推定児体重値のみの絶対値だけでの評価では、常に妊娠週数との関連で、個別化が難しいと考えられる。計測値の平均値からの偏差(SD)で基準化して評価することにより胎児状況の変化がより理解しやすくなる。このような妊娠週数に対する計測値・EFW の偏差の変化・傾きを記録することにより、発育障害の重症度をより客観的に評価できる可能性がある。どの時点で IUGR を疑うか・あるいは診断するかについては現実的に明確な基準はないが、通常は EFW が $-1.5SD$ を下回る時点ではすくなくとも IUGR 予備群と判断して監視すべきであろう。また EFW だけでなく AC 等の腹部計測などの個々の超音波計測値も $-1.5SD$ を基準とし、その他の部位の計測値と比較しながら監視すべきである。

b: HFD

HFD は妊娠母体管理という観点では糖尿病との関連から、分娩・出産時に伴うリスクという観点からは難産、CPD や分娩時外傷との関連から、その予測は重要と考えられる。出生体重4,000g 以上の児を巨大児と定義するが、HFD であることが現実的な臨床問題となるのは主に後者の予知ということになる。出産直前の計測値による推定と実際の出生時の体重との相違は誤差 $\pm 10\%$ 程度であるとすれば、4,000g の推定では $\pm 400g$ ぐらいの誤差範囲の精度ということになる。このような相対的に誤差が大きくなるような印象が生ずるのは EFW 推定の方法論的限界であり、誤差が大きいわけではない。いわゆる難産・CPD 等の分娩進行の異常に関する予測は単に胎児体重のみで決まるわけではないことを考えれば、EFW のみで難産を予測はすることは難しい。しかしながら4,000g 以上

のEFWが計算されれば、選択的な帝王切開やdouble set upの分娩方針を選択せざるを得ない場合も多い。児の大きさと難産や分娩進行の異常の予測に関して言えば、EFWだけでなく、BPDや他の胎児計測のパラメータなど用いたほうがより精度の高い予測ができる可能性はある。しかしながら、このようなマルチパラメータによる難産予測に関する研究は過去いくつか報告例があるが現実的な方法論となっていない。

c: 時系列データの定量的評価の重要性

発育というものを評価するときには単一時点の絶対値の評価ではなく、時系列データとして複数の時点での計測値の変化を評価すべきである。発育の速度、発育予測といった観点からデータを評価できれば臨床的により有効な情報を得られる可能性がある。超音波により得られる他の胎児の機能情報、すなわち、臍帯などの血流情報、心拍モニタリングの情報、羊水量の情報も子宮内環境の変化を反映することから、その時系列データの変化が重要であることはいうまでもない。日常臨床における最初のステップは外来レベルの超音波診断で発育異常のサインをいかに早い段階で捕捉しうるかにある。

《参考文献》

1. 小川雄之亮, 岩村 透, 栗谷典量, 仁志田博司, 竹内久彌, 高田昌亮, 板橋家頭夫, 井村総一, 磯部健一. 日本人の在胎週数別出生時体格基準値. 新生児誌 1998; 34: 624—632
2. Shinozuka N. Fetal biometry and fetal weight estimation: JSUM standardization. Ultrasound Rev Obst Gynecol 2002; 2: 156—161
3. Shinozuka N, Akamatsu N, Sato S, Kanzaki T, Takeuchi H, Natori M, Chiba Y, Okai T. Ellipse Tracing Fetal Growth Assessment Using Abdominal Circumference: JSUM Standardization Committee for Fetal Measurements. J Med Ultrasound 2000; 8: 87—94
4. Shinozuka N, Okai T, Kozuma S, Mukubo M, Shih CT, Maeda T, Kuwabara Y, Mizuno M. Formulas for Fetal Weight Estimation by Ultrasound Measurements Based on Neonatal Specific Gravities and Volumes. Am J Obstet Gynecol 1987; 157: 1140—1145

〈篠塚 憲男*〉

*Norio SHINOZUKA

*Department of Obstetrics and Gynecology, Japan Cross Medical Center, Tokyo

Key words: Ultrasound · Fetus · Estimated weight

索引語: IUGR (子宮内発育遅延), Fetal growth (胎児発育), Ultrasound (超音波)